Electromagnetic مجالات كهرومغناطيسية

chapter 2 :-

I Coulomb's Law and Electric Field intensity :-

شرح
قانون كولوم والمجال الكهربي :-

Q_1 ——— R ——— Q_2

- لو تواجدت شحنتان بينهما مسافة R
تنشأ قوة بينهما تتناسب مع حاصل ضرب
الشحنتين مقسوم على مربع المسافة بينهما
ويعتمد هذا التناسب على نوع الوسط

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{R_2}$$
$$= K \frac{Q_1 Q_2}{R_2}$$

K : depends on the medium electric characterstics
أي يعتمد على خصائص الوسط الكهربية

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

ϵ : Permitivity ⇒ النفاذية أو السماحية ... خاصية مميزة للمادة
سماحية الوسط لمرور المجال الكهربي

$$= \epsilon_0 \epsilon_r$$

ϵ_0 ⇒ absolute Permitivity $= \frac{1}{36\pi} * 10^{-9} = 8.85 * 10^{-12}$

ϵ_r ⇒ relative Permitivity ⇒ قيمته تختلف على حسب نوع الوسط

For Freespace = 1

$\epsilon_r = 2.2$ For titanium

2 Based on Permitivity the materials can be classified into :-

a- Isotropic materials :-

المجال الكهربي / المغناطيسي لو مشى في أي اتجاه داخل هذه المادة
يعاني نفس المعاناة ... أي أن ϵ لا تعتمد على اتجاه المجال ...
بمعنى المادة لها ϵ ثابتة .

b- Anisotropic :-

تتغير قيمة السماحية بتغير اتجاه المجال الكهربي

Semi Conductors ... أشهر هذه المواد ... مواد

⊛ Q_1 $\overset{R}{\underset{P_1 \quad a_{R_{12}} \quad P_2}{\bullet\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!\bullet}}$ Q_2

(x_1, y_1, z_1) (x_2, y_2, z_2)

$a_{R_{12}} \Rightarrow$ From ① to ② in the direction of R

$a_{R_{12}} \Rightarrow$ unit vector $= \dfrac{\text{المتجه}}{\text{قيمته}} = \dfrac{\overline{R}}{|R|}$

$$\vec{F}_2 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon R^2}\vec{a}_{R_{12}}$$

$$= \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon R^3}\vec{R}$$

$$\vec{F}_1 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon R^2}\vec{a}_{R_{21}} = -\vec{F}_2$$

$$\vec{R}_{12} = (x_2 - x_1)\vec{a}_x + (y_2 - y_1)\vec{a}_y + (z_2 - z_1)\vec{a}_z$$

$$|R| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad : x = (x_2 - x_1) \;\&\; y = (y_2 - y_1) \;\&\; z = (z_2 - z_1)$$

ex/ $Q_1 = 3\times10^{-4}\,C$ at $(1,2,3)$
$Q_2 = -10^{-4}\,C$ at $(2,0,5)$ } Free space $\epsilon = \epsilon_0$

Note
توجد قوى تجاذب بين الشحنتين وبعض

$$F_2\Big| = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon R^2}\vec{a}_{12}$$

بموقع الشحنة Q_2

$$\vec{R}_{12} = (2-1)\vec{a}_x + (0-2)\vec{a}_y + (5-3)\vec{a}_z$$

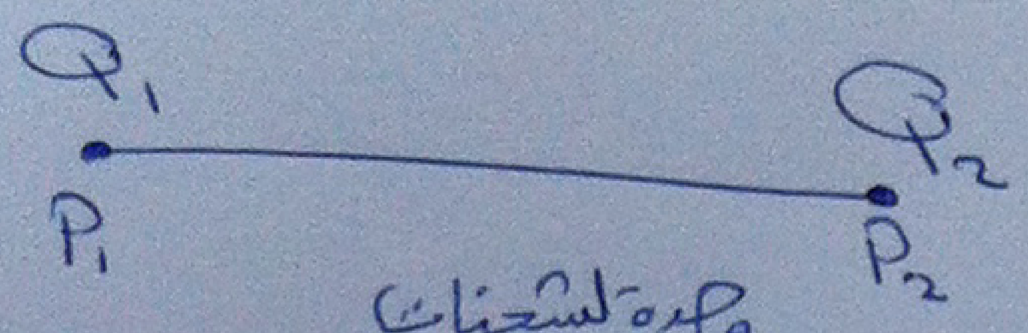
$$|R|_{12} = \sqrt{1^2 + 2^2 + 2^2} = 3$$

$$a_{R_{12}} = \frac{R_{12}}{|R_{12}|} = \frac{\vec{a}_x - 2\vec{a}_y + 2\vec{a}_z}{3}$$

$$\vec{F}_2 = \frac{-3\times10^{-4}\times10^{-4}}{4\pi\frac{1}{36\pi}\times10^{-9}(3)^2}\;\frac{\vec{a}_x - 2\vec{a}_y + 2\vec{a}_z}{3} = -\text{Const}(\vec{a}_x - 2\vec{a}_y + 2\vec{a}_z)$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

3 Electric field intensity $\bar{E}$: شدة المجال الكهربي



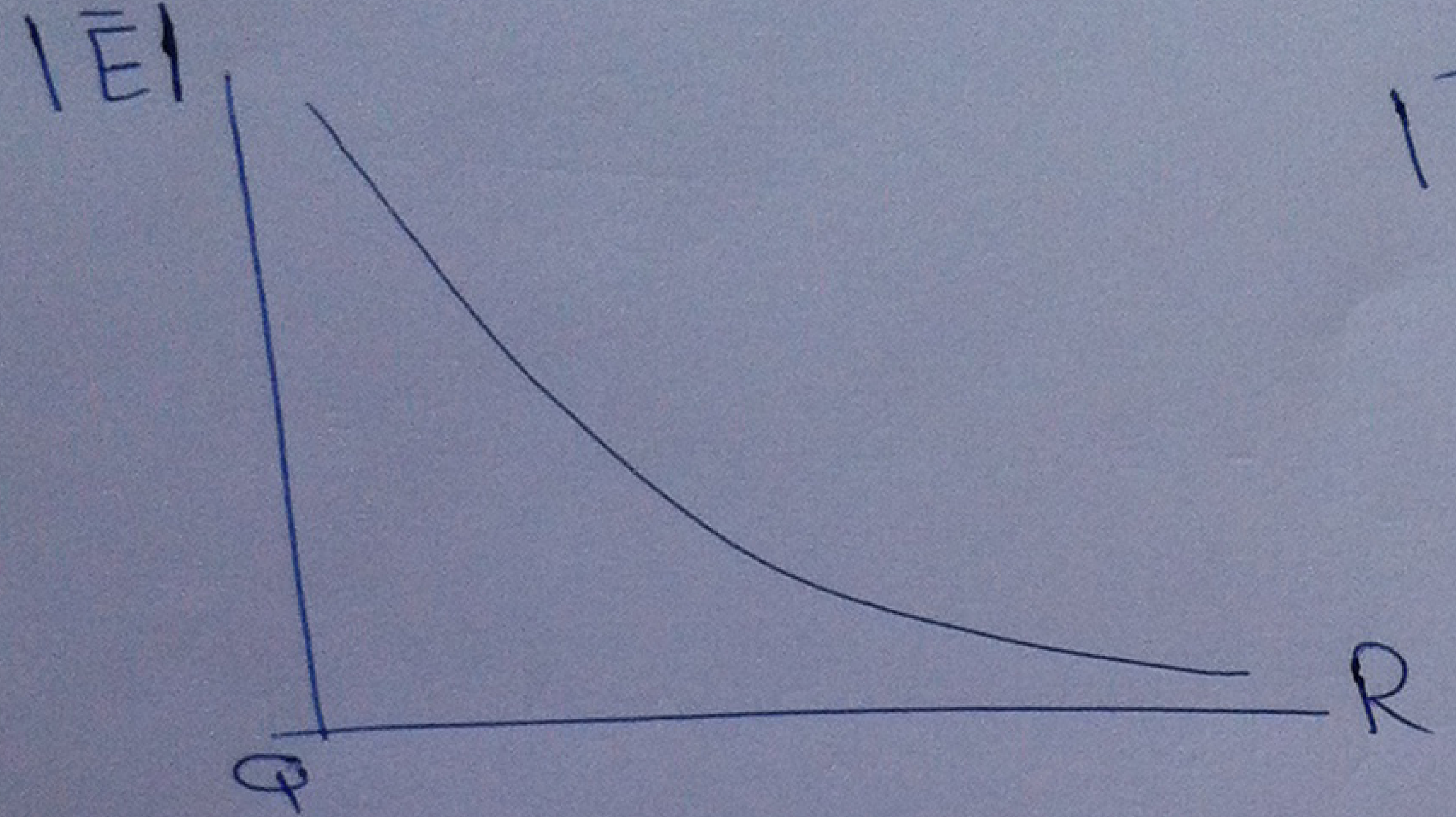
- المجال الكهربي عند النقطة ② نتيجة Q_1 هو القوة التي تؤثر بها الشحنة Q_1 على وحدة الشحنات عند Q_2

← يعني أياً كانت قيمة الشحنة اللي أنا عايز أجيب عندها المجال مش هتأثر على المجال

$$\vec{E}_2 = \frac{Q_1 * 1}{4\pi \epsilon R^2} \vec{a}_{R_{12}}$$

(1 = وحدة الشحنات)

$$= \vec{F}_2 \Big|_{Q_2 = 1\,C}$$



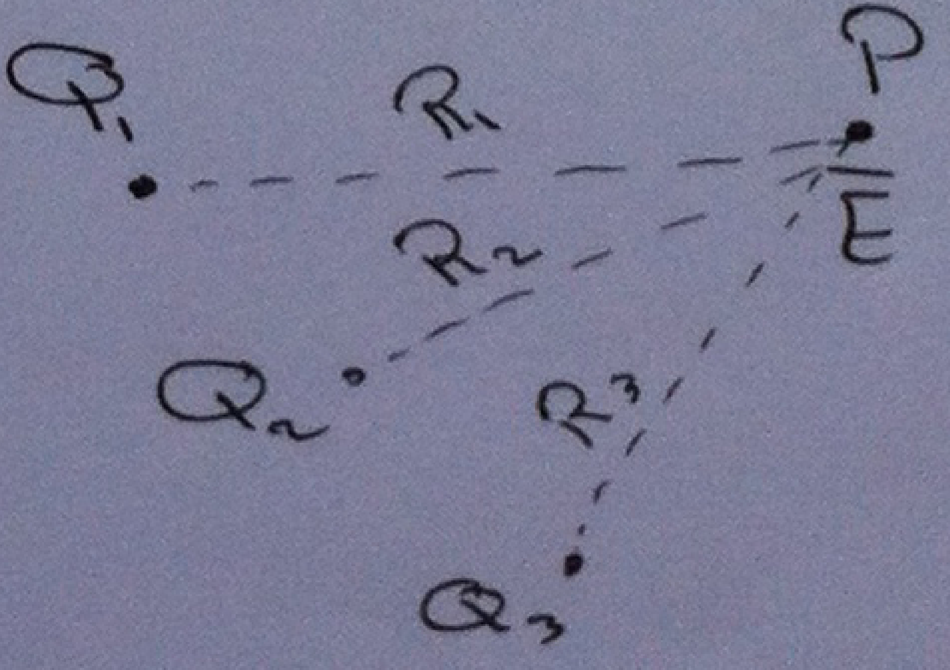
$$|\vec{E}_2| = \frac{Q_1}{4\pi \epsilon R^2}$$

$$E \propto \frac{1}{R^2}$$

4 Super Position :-

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$$= \frac{Q_1}{4\pi\epsilon R_1^2} \vec{a}_{R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon R_2^2} \vec{a}_{R_2} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon R_3^2} \vec{a}_{R_3}$$



Note *

- الإشارة الكهربية علشان تشيل معلومة لازم يكون في مجال كهربي ومجال مغناطيسي متعامدين على بعض.

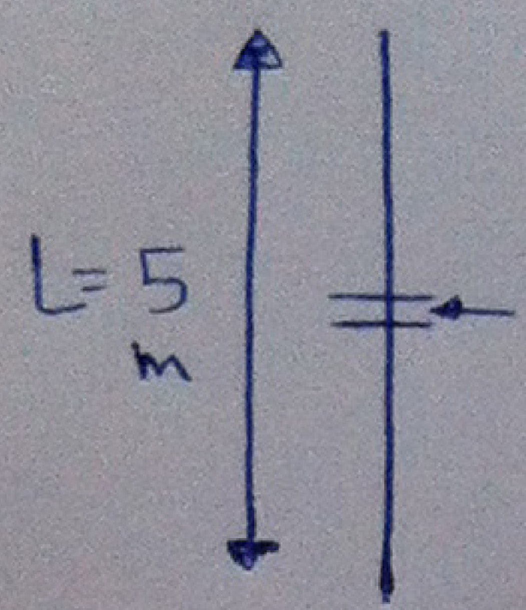
* Charges :-

قد تكون ⇒ 1- Point charge (نقطة مشحونة) Q •

2- Line charge

خط أو سلك عليه شحنات

Line charge density ($\rho_L \Rightarrow C/m$)



$Q_{5m} = L * \rho_L = 5 * 5 = 25\ C$

الشحنة على 5m من السلك

لو الشحنة على محور Z $\quad Q = \int_Z \rho_L \, dZ = \rho_L Z$ ← مثلاً

التكامل على محور (line) → Z

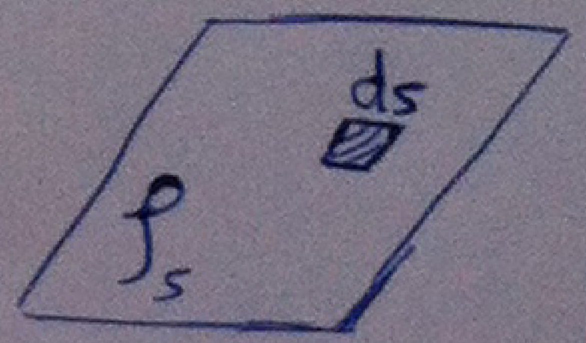
$Z = 4\ cm$

$Z = 5\ m$

3- Surface charge :-

$Q = \int_S \rho_s \, ds$

التكامل على السطح → S



$\rho_s \Rightarrow C/m^2$

4- Volume charge :-

$Q = \int_V \rho_v \, dv$

التكامل على الحجم → V

$\rho_v \Rightarrow C/m^3$

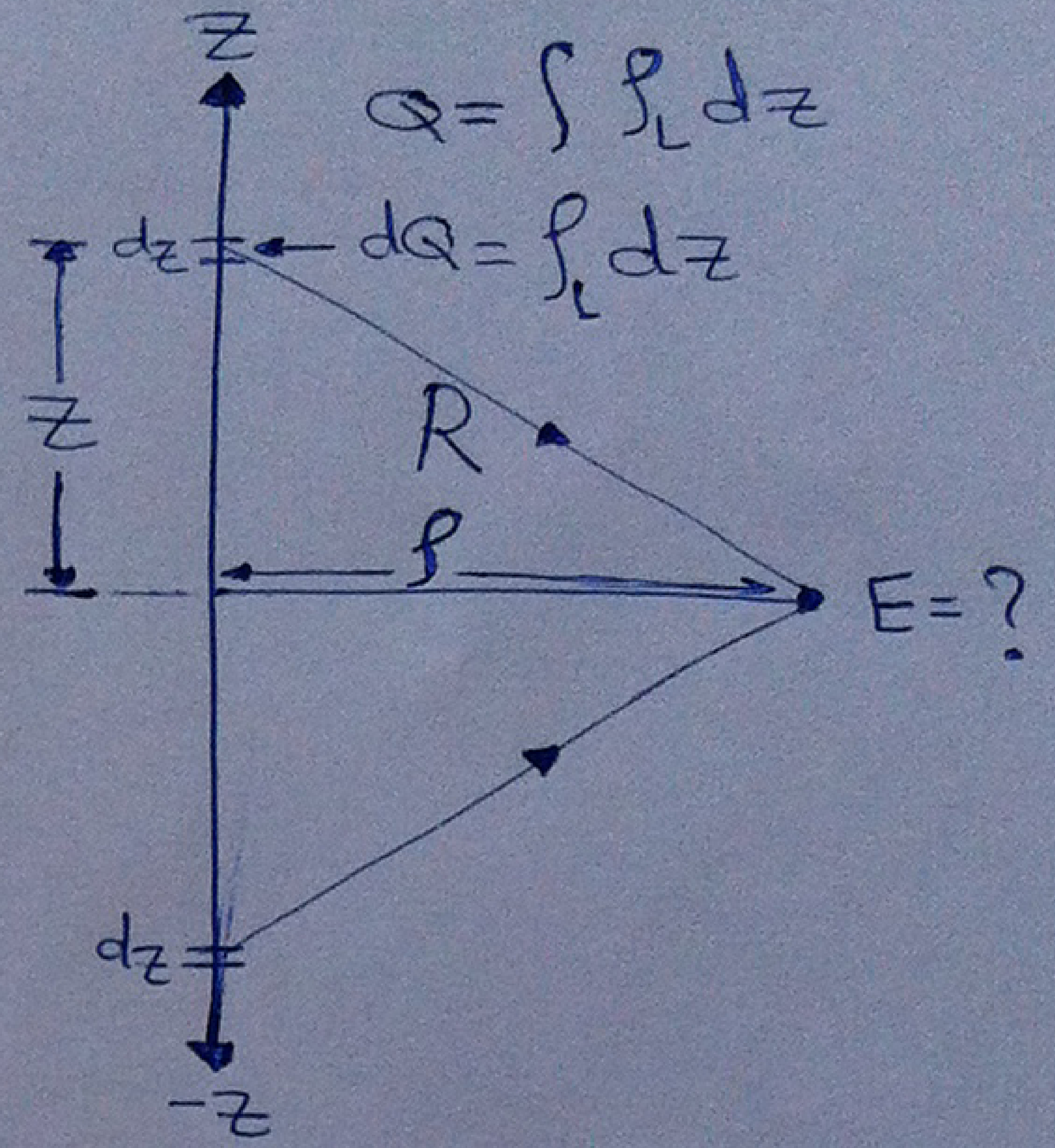
ex) Find the electric field at the point ρ from an infinit line charge of line charge density ρ_L :-

$\rho_L \Rightarrow C/m$

$$dE = \frac{dQ}{4\pi\epsilon R^2}\,\bar{a}_R$$

$$= \frac{\rho_L\,dz}{4\pi\epsilon\,(z^2+\rho^2)}\;\frac{\rho\bar{a}_\rho - z\bar{a}_z}{\sqrt{\rho^2+z^2}}$$

$$= \frac{\rho_L(\rho\bar{a}_\rho - z\bar{a}_z)}{4\pi\epsilon\,(z^2+\rho^2)^{3/2}}\,dz$$



$$E = \int_{-\infty}^{\infty} dE$$

المركبات اللي في اتجاه z عكس بعض
وبالتالي هتلاشي بعضها ولا يبقى
سوى المركبات الأفقية .

$$= \frac{\rho_L}{4\pi\epsilon}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\rho\,dz\;\;\bar{a}_\rho}{(z^2+\rho^2)^{3/2}}$$

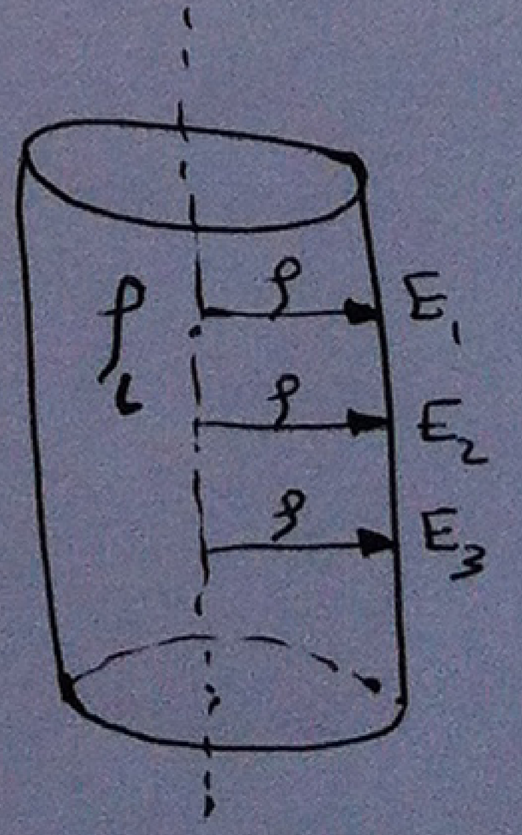
$$= \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon}\,\rho\left(\frac{1}{\rho_L}\,\frac{z}{\sqrt{\rho^2+z^2}}\right)_{-\infty}^{\infty}$$

$$\boxed{E = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon\rho}\,\bar{a}_\rho}$$

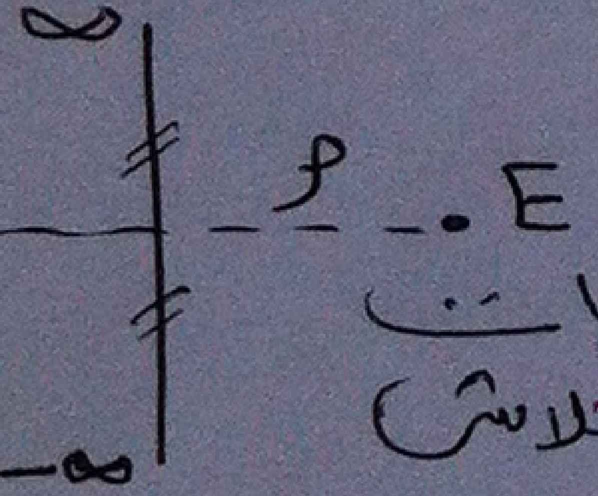
$\rho_L \Rightarrow$ Const

$E_1 = E_2 = E_3$

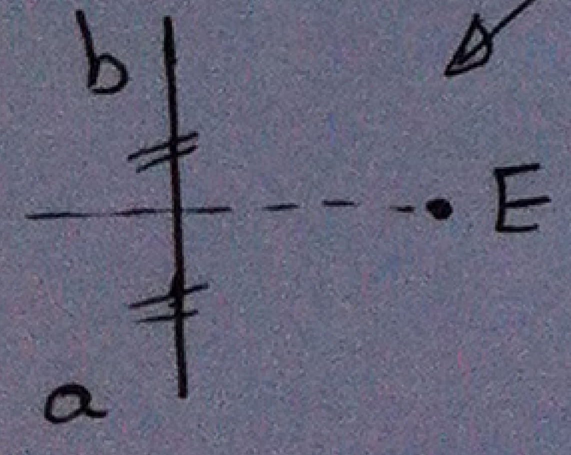
على الجدار الخارجي للإسطوانة



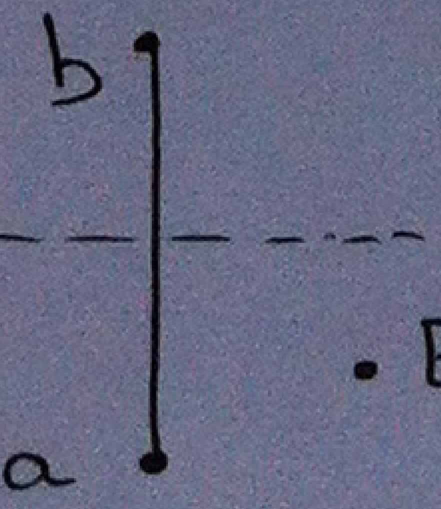
* عندما يكون المجال الكهربي ($\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المسافة}}$ (V/m))
ثابت ؟؟؟



هنا مركبات
ال z هتتلاش



a,b ⇒ قيم معلومة

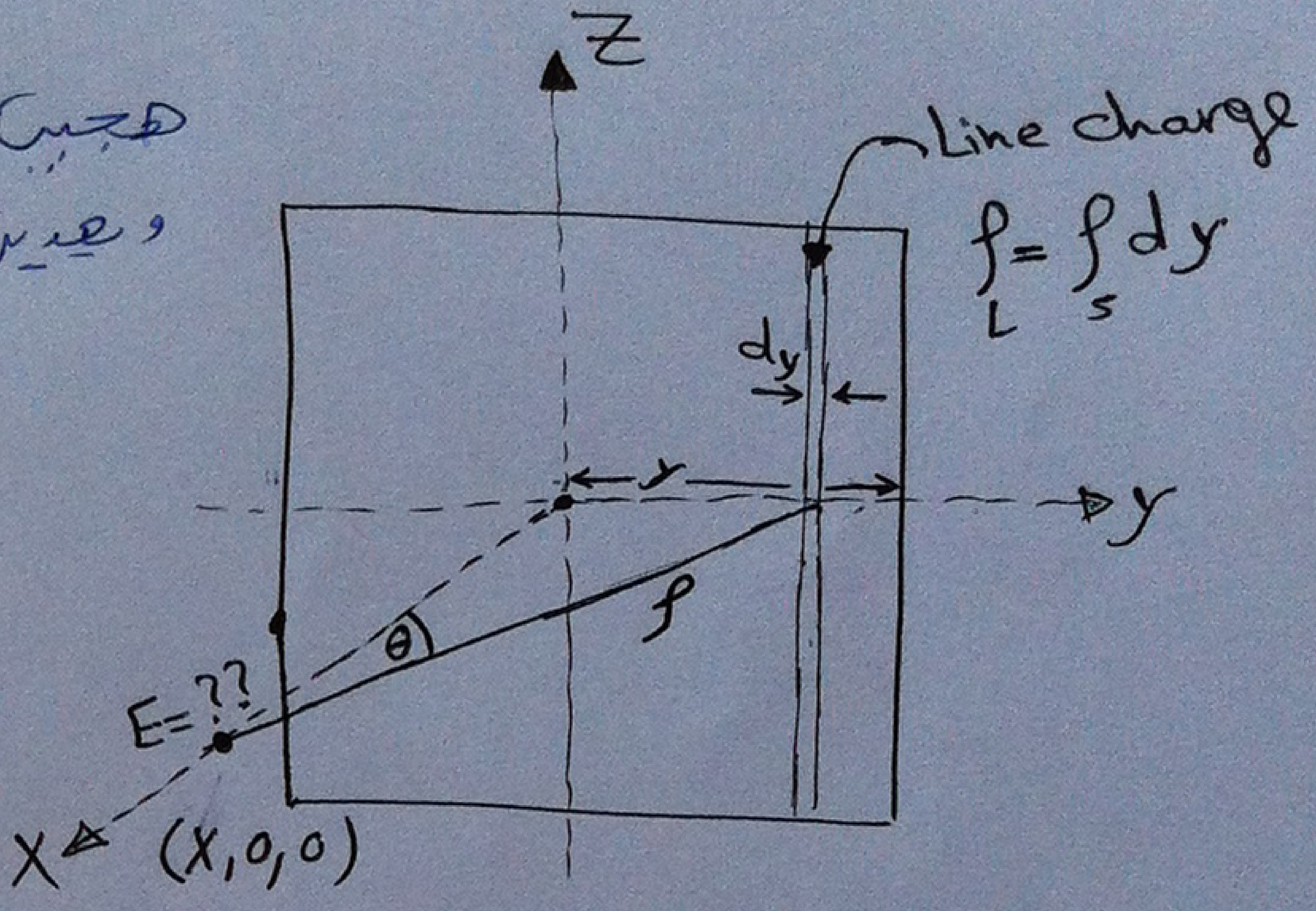


هنا المركبات
لل z مش هتتلاش • E

ex) Find the electric field due to infinit surface charge $\rho_s \; C/m^2$

* X-axis ⊥ this infinit surface

هجيب تأثير line charge
وبعدين هكامل على y



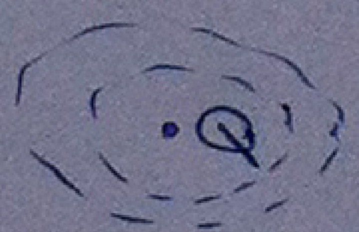
$$dE = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon\rho}\,\bar{a}_\rho$$

$$= \frac{\rho_s\,dy}{2\pi\epsilon\sqrt{(x^2+y^2)}}\,\bar{a}_\rho$$

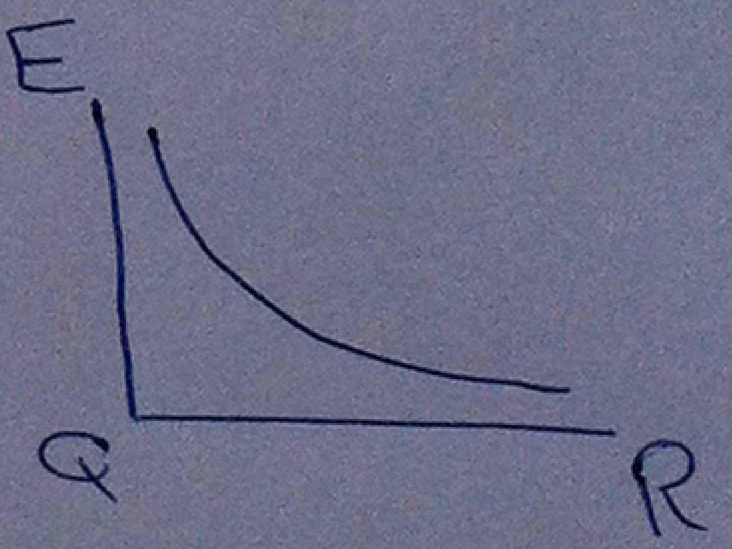
$$E = \frac{\rho_s}{2\pi\epsilon}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{dy}{(x^2+y^2)^{1/2}}\cos\theta.\bar{a}_x = \frac{\rho_s}{2\pi\epsilon}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{x\,dy}{(x^2+y^2)}$$

$$= \frac{\rho_s}{2\pi\epsilon}\tan^{-1}\frac{y}{x}\Big|_{-\infty}^{\infty} = \frac{\rho_s}{2\epsilon}\,\bar{a}_x$$

① Point :

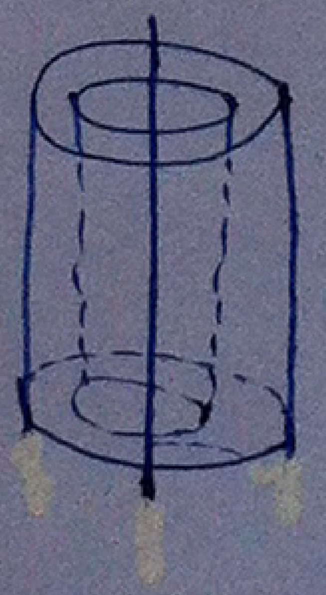


$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon R^2}\,\bar{a}_R \qquad E \propto \frac{1}{R^2}$$

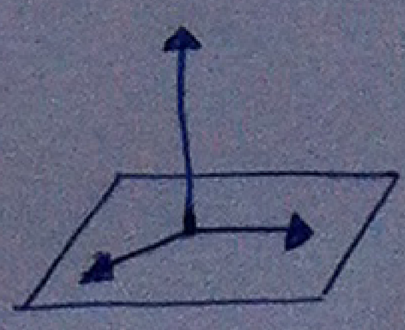


② Line (infinit)

$$E = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon\rho}\,\bar{a}_\rho$$



③ Sheet (infinit)



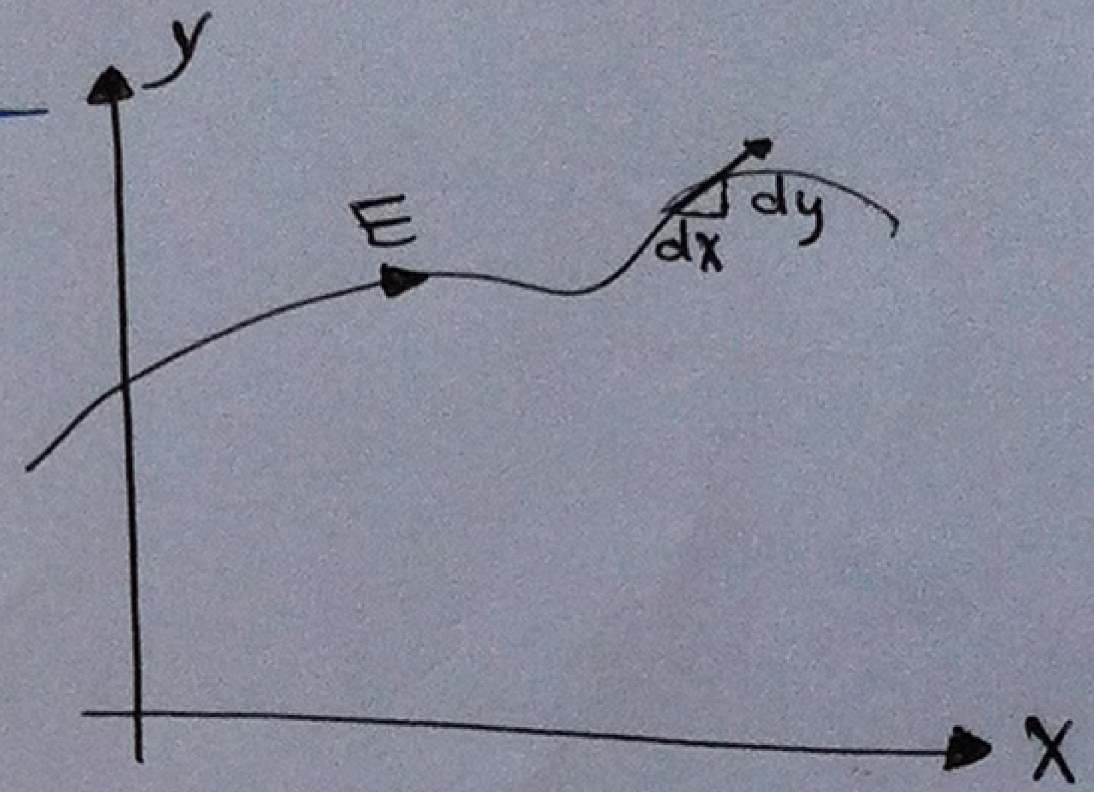
$$E = \frac{\rho_s}{2\epsilon}\,\bar{a}_L$$

فى اتجاه العمودى عالسطح

* في الـ electromagnetic waves كلما بعدنا عن مصدرها بيحصل لها فقد

Stream Lines

كيف نوجد معادلة ترسم لي المجال الكهربي أثناء تحركه في الفراغ



$$\frac{dy}{dx} = \frac{E_y}{E_x}$$

$$\int_y E_x \, dy = \int_x E_y \, dx$$

الحل هيطلع معادلة ⟹ مثلاً $x^2 + y^2 = 5$

x			
y			

نقاط تمثل المسار للمجال وليس قيمة المجال